

**PENGARUH BUKAAN PINTU *TAILGATE* PADA PANJANG
LONCAT AIR PADA HILIR BENDUNG *TRIANGULAR***



**Disusun sebagai satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata 1 pada
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik**

Oleh :

IMAM KIAT WICAKSONO
D100130226

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH BUKAAN PINTU *TAILGATE* PADA PANJANG LONCAT
AIR PADA HILIR BENDUNG *TRIANGULAR***

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

IMAM KIAT WICAKSONO
D100130226

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

**Dosen
Pembimbing**



Gurawan Djati W. ST, M.Eng
NIK : 782

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH BUKAAN PINTU *TAILGATE* PADA PANJANG LONCAT
AIR PADA HILIR BENDUNG *TRIANGULAR***

**OLEH
IMAM KIAT WICAKSONO
D 100 130 226**

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Ekonomi dan Bisnis
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Sabtu, 5 Juni 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat.**

Dewan Penguji:

- 1. Gurawan Djati W. ST, M. Eng.
(Ketua Dewan Penguji)**
- 2. Ir. Hermono S. B, M.Eng, IPM
(Anggota I Dewan Penguji)**
- 3. Ir. Jaji Abdurrosvid, S.T, M.T. IPM
(Anggota II Dewan Penguji)**

(.....)
(.....)
(.....)



Dekan,

Rolis Fator, S.T, M.Sc, PhD

NIK. 892

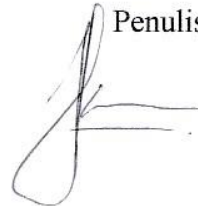
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 5 Juni 2021

Penulis



IMAM KIAT WICAKSONO
D100130226

PENGARUH BUKAAN PINTU *TAILGATE* PADA PANJANG LONCAT AIR PADA HILIR BENDUNG *TRIANGULAR*

Abstrak

Salah satu upaya untuk dapat memanfaatkan air dengan baik adalah dengan membangun bendung dan saluran – saluran irigasi yang di fasilitasi pintu air. Namun, tidak jarang ditemukan loncatan air yang tidak terkendali sehingga mengakibatkan penggerusan di hilir bendung. Pada pembukaan tailgate biasanya terjadi aliran superkritik pada bagian hilir saluran dan peristiwa loncatan air (*hydraulic jump*) yang berguna sebagai peredam energi dan dapat menaikkan tinggi muka air. Untuk mencegah terjadinya penggerusan di hilir bendung dapat dicari panjang loncat air yang ideal. Panjang loncatan air merupakan jarak antara permukaan depan loncatan hidrolik sampai pada permukaan gulungan ombak yang segera menuju hilir dipengaruhi oleh tinggi muka air hilir loncatan dan lebar bukaan pintu air (*tailgate*). Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh bukaan pintu tailgate pada panjang loncat air. Percobaan penelitian dilakukan di Laboratorium Hidrolika Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Penelitian menggunakan alat flume dengan ukuran 30 cm x 60 cm x 100 cm dengan kemiringan dasar saluran 0,0058. Menggunakan bendung tipe *triangular* dengan tinggi 20 cm. Penelitian ini menggunakan tujuh variasi debit dengan masing – masing debitnya terdapat lima variasi bukaan *tailgate*, sehingga *running* yang dilakukan sebanyak 35 *running*. Pada setiap debitnya dilakukan pengujian tinggi muka air, panjang loncat air, tinggi loncat air dan tinggi setelah loncat air. Hasil penelitian menunjukkan beberapa kesimpulan. Pertama, semakin tinggi bukaan *tailgate* semakin panjang loncat air yang terjadi. Kedua, persamaan untuk memprediksi panjang loncat air dengan bilangan *Froude* dapat menggunakan persamaan linier dengan metode LSE (*Least Square Error*) $L_j = a.Fr_2 + c$. pada masing – masing debit. Ketiga, semakin besar nilai Fr_1 maka semakin panjang loncat air yang terjadi.

Kata kunci: loncat air, panjang loncat air, pintu tailgate, bendung, peredaman energi, tinggi loncat air.

Abstract

One of the efforts to be able to utilize water properly is to build weirs and irrigation channels that are facilitated by floodgates. However, it is not uncommon to find uncontrolled water leaps that result in scouring downstream of the weir. At the opening of the tailgate, supercritical flow usually occurs and a hydraulic jump occurs which is useful as an energy damper and can raise the water level. To prevent scouring downstream of the weir, the ideal water jump length can be found. The length of the water jump is the distance between the front surface of the hydraulic jump to the surface of the wave roll which is immediately going downstream influenced by the height of the water level downstream of the stepping and the width of the water gate opening (*tailgate*). The research experiment was conducted at the Hydraulics Laboratory of the Civil Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Muhammadiyah University of Surakarta. The study used a flume device with a size of 30 cm x 60 cm x 100 cm with a slope

of the channel base of 0.0058. Using a triangular type weir with a height of 20 cm. This research uses seven variations of discharge with each of the discharge has five variations of the tailgate openings, so that the running is done as many as 35 running. At each discharge, the water level is tested, the water jump length, the water jump height and the height after the water jump. The results of the study show several conclusions. First, the higher the tailgate opening, the longer the water jump will be. Second, the equation for predicting the jump length of the water with Froude's number can use the linear equation with the LSE (Least Square Error) method $L_j = a.Fr_2 + c$ on each discharge. Third, the greater the value of Fr_1 , the longer the water jump will be.

Keywords: water jump, water jump length, tailgate door, weir, energy attenuation, water jump height.

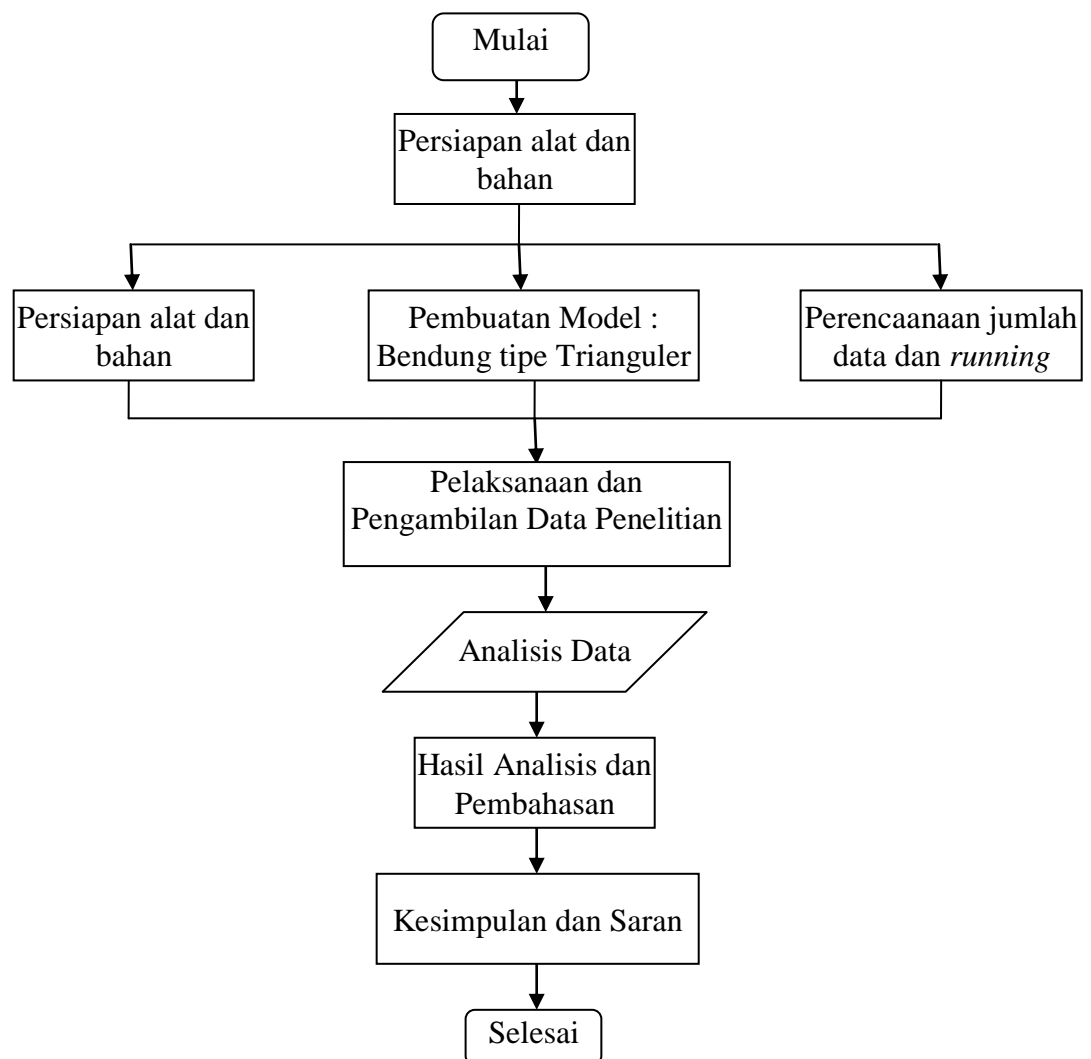
1. PENDAHULUAN

Salah satu upaya untuk dapat memanfaatkan air dengan baik adalah dengan membangun bendung dan saluran – saluran irigasi yang di fasilitasi pintu air. Namun, tidak jarang ditemukan loncatan air yang tidak terkendali sehingga mengakibatkan penggerusan di hilir bendung. Pada pembukaan tailgate biasanya terjadi aliran superkritik dan terjadi sebuah peristiwa loncatan air (*hydraulic jump*) yang berguna sebagai peredam energi dan dapat menaikkan tinggi muka air. Untuk mencegah terjadinya penggerusan di hilir bendung dapat dicari panjang loncat air yang ideal. Panjang loncatan air merupakan jarak antara permukaan depan loncatan hidrolik sampai pada permukaan gulungan ombak yang segera menuju hilir dipengaruhi oleh tinggi muka air hilir loncatan dan lebar bukaan pintu air (*tailgate*).

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adlah untuk mengetahui pengaruh bukaan pintu tailgate pada panjang loncat air dan merumuskan panjang loncat air terhadap bilangan Froude dan tinggi muka air setelah loncatan. Penelitian ini bermanfaat sebagai acuan daam perencanaan tinggi bukaan piintu air sehingga dapat merumuskan panjang loncat air terhadap bilangan Froude dan tinggi muka air setelah loncatan. Untuk membatasi objek ruang lingkup penelitian ini agar penulisan lebih terarah dan sistematis pada masalah yang dihadapi maka diperlukan batasan – batasan masalah sebagai berikut: Percobaan dalam penelitian ini dilakukan di Laboraturium Hidraulika Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Menggunakan alat saluran / *flume*

dari bahan *flexy glass*. Model saluran terbuka dengan ukuran 30 cm x 47 cm x 1000 cm. Kemiringan dasar saluran 0,0058. Jenis aliran adalah aliran tetap tidak seragam (*Steady Varied Flow*). Kekasaran model saluran tidak ditinjau. Kekentalan kinematik sepanjang aliran dianggap sama. Menggunakan bendung tipe *triangular* dengan tinggi bendung 20 cm, lebar bendung 46,2 cm dengan kemiringan 60°. Percobaan hanya dilakukan dengan menggunakan 7 macam varian kecepatan debit aliran yang berkisar 3000 cm³/dtk, 3500 cm³/dtk, 4000 cm³/dtk, 4500 cm³/dtk, 5000 cm³/dtk, 5500 cm³/dtk, 6000 cm³/dtk. Percobaan menggunakan 5 macam variasi tinggi bukaan *tail gate* pada setiap debit nya.

2. METODE



Gambar 1. Alur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan saluran terbuka yang terdapat di Laboratorium. Adapun data-data yang harus diambil meliputi: Kecepatan Aliran, Kedalaman Aliran, Pengukuran panjang dan tinggi loncatan air.

Data primer merupakan data asli yang didapatkan dari pengukuran di Laboratorium. Langkah – langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut: Review studi, mengumpulkan dan mempelajari teori dari buku dan jurnal penelitian yang berkaitan. Mempersiapkan saluran terbuka yang akan digunakan saat penelitian. Mengatur debit air yang telah ditentukan. Mengatur ketinggian tailgate yang telah ditentukan.

Mengukur kedalaman tinggi muka air di hulu dan di atas bendung (h_1 dan h_0), tinggi muka air pada lokasi loncat air (Y_1), tinggi muka air setelah loncat air (Y_2), jarak panjang loncat air (L_j) dan jarak antara lokasi loncat air dengan setelah loncat air (L). Kemudian untuk selanjutnya ulangi langkah 3 sampai 8 dengan menggunakan 5 variasi tinggi muka air di hilir bendung untuk setiap debit air yang bervariasi dari $3000 \text{ cm}^3/\text{dt}^2$ sampai dengan $6000 \text{ cm}^3/\text{dt}^2$. Analisis berdasarkan data yang diperoleh saat melakukan penelitian yang diikuti dengan data yang tersedia pada buku referensi dan jurnal yang berkaitan, untuk kepentingan penelitian. Hasil analisis dan pembahasan mengacu pada hasil analisis pengaruh bukaan *tailgate* pada panjang loncat air. Kesimpulan dan saran yang mengacu pada hasil analisis dan pembahasan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan dengan mengalirkan aliran air pada open flume melewati bendung triangular dengan tujuh variasi debit ($3000 \text{ cm}^3/\text{dt}$, $3500 \text{ cm}^3/\text{dt}$, $4000 \text{ cm}^3/\text{dt}$, $4500 \text{ cm}^3/\text{dt}$, $5000 \text{ cm}^3/\text{dt}$, $5500 \text{ cm}^3/\text{dt}$, $6000 \text{ cm}^3/\text{dt}$) menggunakan pompa air dengan membuka lima macam variasi tinggi bukaan *tail gate* pada setiap debit nya.. Hasil analisis meliputi :

3.1 Analisis Ketinggian Air Sebelum Loncat Air (Y_1) dan Panjang Loncat Air (L_j)

Ketinggian air sebelum terjadi peristiwa loncat air disebut Y_1 , namun pada saat praktikum ketinggian Y_1 tidak terlihat dengan jelas karena tertutup oleh air, sehingga untuk mengetahui ketinggian Y_1 dihitung dengan persamaan yang sesuai

dengan hukum Newton II, yang menyatakan bahwa “jumlah gaya yang bekerja disuatu volume kontrol sebanding dengan perubahan momentum yang terjadi”, maka konservasi momentum dapat dituliskan sebagai berikut :

$$F_1 - F_2 + W \sin \theta - \lambda(B+h) = \rho \cdot Q(v_2 - v_1) \quad (1)$$

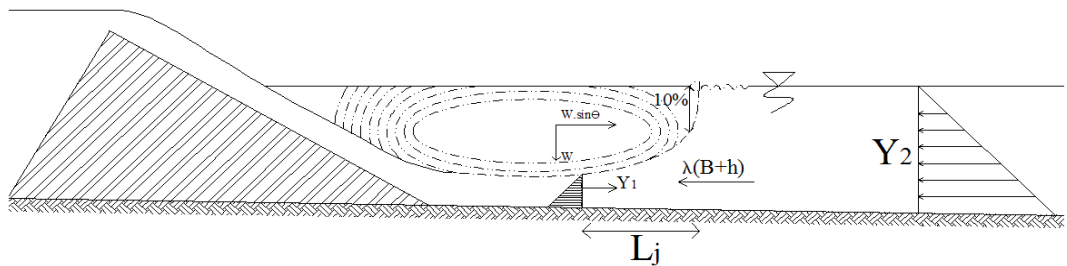
$$F_1 - F_2 = 1/2(B \cdot \gamma_w) \cdot (Y_1^2 - Y_2^2)$$

$$W \sin \theta = 1/2 \cdot (Y_2 + 0,9 Y_2) \cdot B \cdot \gamma_w \cdot S_o \cdot L_j$$

$$\lambda(B+h) = \rho \cdot g \cdot R \cdot S_o(B + 0,95 Y_2)$$

$$\rho \cdot Q(v_2 - v_1) = \left(\rho \cdot \frac{Q^2}{B} \right) \cdot \left(\frac{1}{Y_2} - \frac{1}{Y_1} \right)$$

$$F_1 - F_2 + W \sin \theta - \lambda(B+h) - \rho \cdot Q(v_2 - v_1) = 0 \quad (\text{Persamaan 1})$$



Gambar 2. Ilustrasi pergerakan arah gaya dalam loncat air tenggelam

Seperti yang dituliskan dalam buku Bambang Triatmodjo Hidraulika II, nilai L_j adalah sebagai berikut :

$$L_j = 6 - 7 (Y_2 - Y_1) \quad (2)$$

diketahui :

Y_2 = kedalaman air setelah terjadi loncat air

Y_1 = kedalaman air sebelum terjadi loncat air

Nilai konstanta (6-7) rumus tersebut digunakan untuk panjang loncat air yang tidak tenggelam, akan tetapi saat praktikum loncat air yang terjadi adalah loncat air tenggelam. Sehingga tidak dapat menggunakan nilai konstanta tersebut. Nilai konstanta c didapatkan dengan metode LSE (*Least Square Methode*) sebagai berikut:

$$\sum L_{ji} - (c \cdot (Y_{2i} - Y_{1i})^2) = 0 \quad (3)$$

$$\sum (L_{ji} (Y_{2i} - Y_{1i})) = c \cdot \sum (Y_{2i} - Y_{1i})^2$$

$$c = \frac{\sum (L_{ji} (Y_{2i} - Y_{1i}))}{\sum (Y_{2i} - Y_{1i})^2}$$

diketahui :

c = nilai konstanta

Y_1 = kedalaman air sebelum terjadi loncat air

Y_2 = kedalaman air setelah terjadi loncat air

L_j = Panjang loncat air saat praktikum

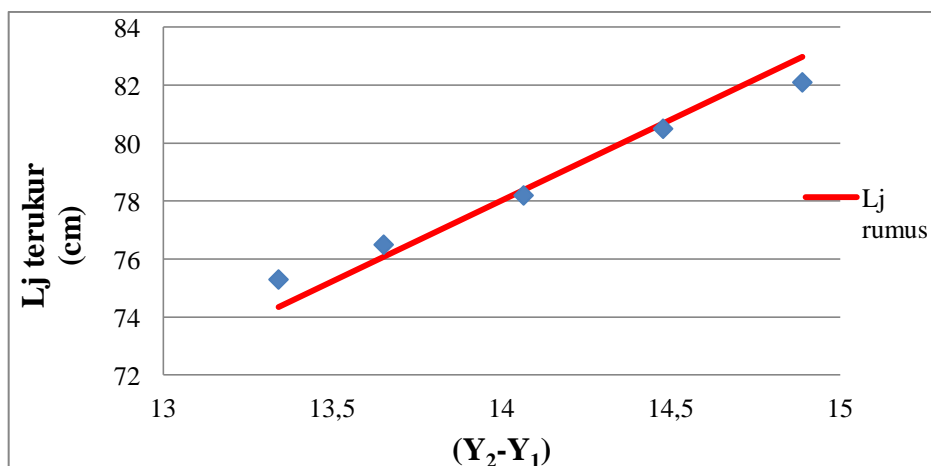
Nilai Y_1 adalah kedalaman air sebelum terjadi loncat air. Selanjutnya, untuk menghitung panjang loncat air digunakan persamaan sebagai berikut :

$$L_j = c.(Y_2 - Y_1) \quad (4)$$

Setelah mendapatkan nilai panjang loncat air yang sesungguhnya, penulis melakukan korelasi antara panjang loncat air saat praktikum dengan panjang loncat air teori.

3.2 Hubungan Panjang Loncat Air dengan Ketinggian ($Y_2 - Y_1$)

Panjang loncat air dalam penelitian yang terjadi saat pengamat melakukan penelitian, loncatan air yang terjadi adalah loncatan air tenggelam. Hal ini terjadi karena saat penutupan *tailgate* terkadang pintu air *tailgate* macet sehingga membuat kedalaman aliran tidak stabil dan membentuk loncatan air tenggelam. Akan tetapi, penulis sudah melakukan analisa diatas untuk mengetahui nilai panjang loncat air terukur, panjang loncat air teori dan selisih ketinggian ($Y_2 - Y_1$). Hubungan antara ketinggian ($Y_2 - Y_1$) dengan panjang loncat air dapat dilihat pada (Gambar V.2), menunjukkan bahwa semakin besar selisih ketinggian ($Y_2 - Y_1$) semakin besar panjang loncat air yang terjadi.



Gambar 3. Grafik Hubungan antara ($Y_2 - Y_1$) dengan L_j terukur dan rumus Debit I

3.3 Penurunan Persamaan Panjang Loncat Air sebagai Fungsi Bilangan Froude

Bilangan *Froude* setelah loncatan memengaruhi panjang loncatan air (Van Rijn, 1990). Oleh karena itu, dalam penelitian ini diperlihatkan hubungan antara nilai panjang loncat air dengan bilangan *Froude*. Saat penelitian, terjadi loncatan air terendam, sehingga penulis menganalisa panjang loncatan air dengan menggunakan persamaan fungsi linear.

Selanjutnya, untuk menghitung persamaan 4, penulis menghitungnya dengan metode *Least*

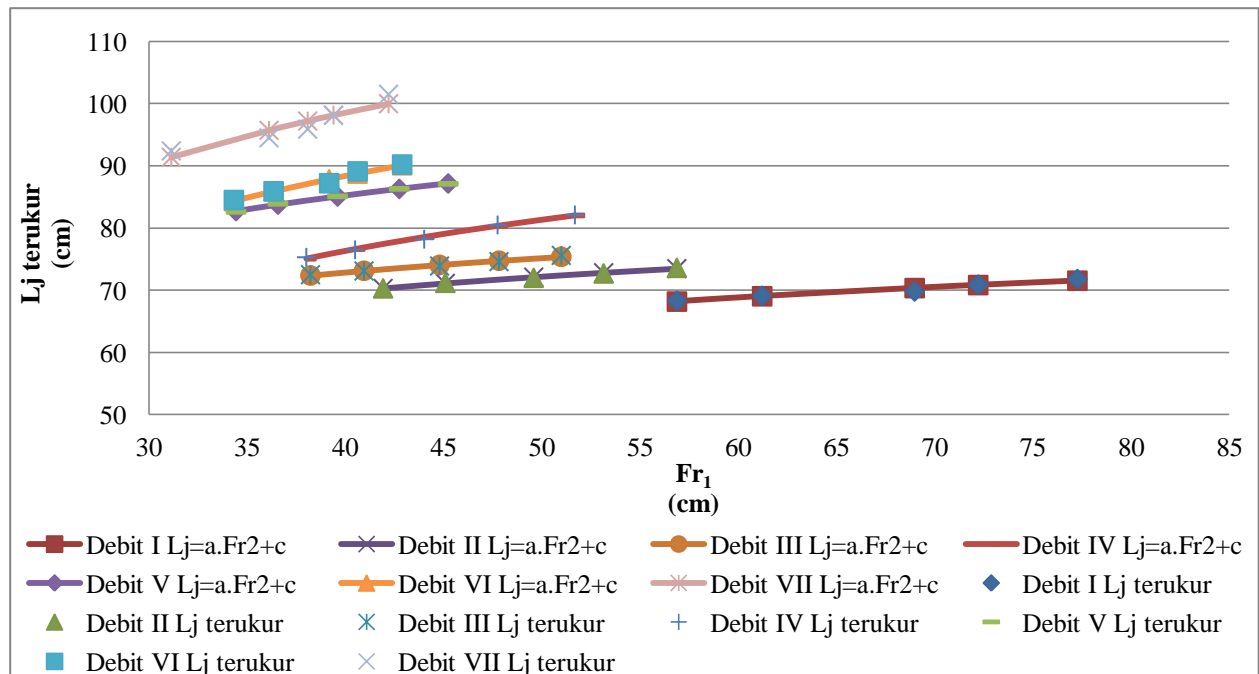
Square Error, sebagai berikut :

$$\sum (L_{ji} - (a \cdot Fr_{2i} + c_i))^2 = \min \quad (5)$$

$$\sum L_{ji} \cdot Fr_{2i} = a \cdot \sum Fr_{2i}^2 + \sum c_i \cdot Fr_{2i}$$

$$\sum L_{ji} = a \cdot \sum Fr_{2i} + n \cdot c$$

$$\begin{bmatrix} \sum x^2 & \sum x \\ \sum x & N \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum xy \\ \sum y \end{bmatrix}$$



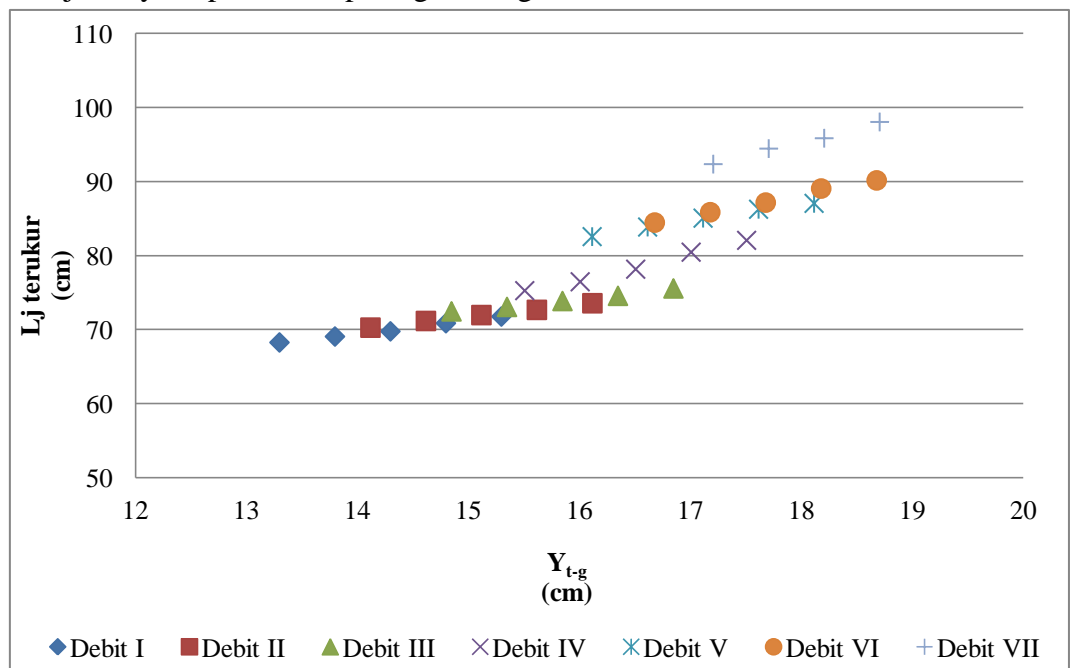
Gambar 4. Hubungan Antara Lj dengan Fr₂ (Debit I – Debit VII)

Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan bilangan *Froude* pada percobaan ini berbanding berbalik dengan panjang loncatan air. Semakin besar debit maka

semakin panjang loncatan air. Akan tetapi, semakin panjang loncatan air, bilangan *Froude* semakin kecil pada setiap debitnya.

3.4 Hubungan Panjang Loncat Air dengan Bukaannya Pintu *Tailgate*.

Panjang loncat air diukur dari ujung bendung hingga S ditetapkan dari seberapa tinggi dan rendah nya pintu *tailgate* yang dibuka. Oleh karena, penulis akan menganalisa pengaruh bukaan pintu *tailgate* pada panjang loncat air yang terjadi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar grafik berikut.



Gambar 5. Hubungan Antara L_j terukur dengan Bukannya Pintu *Tailgate*

Pada gambar 4 diatas dapat dilihat nilai debit dengan panjang loncat air sebanding lurus dengan bukaan pintu *tailgate*. Hal ini dapat dilihat semakin besar debit yang dikeluarkan semakin panjang loncat air yang terjadi dan saat bukaan pintu *tail gate* semakin tinggi, senakin panjang pula loncatan air yang terjadi.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan data penelitian serta hasil analisis dan pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut: Semakin tinggi bukaan *tailgate* maka semakin panjang loncat air yang terjadi. Persamaan untuk memprediksi panjang loncat air

dengan bilangan *Froude* merupakan persamaan linier dengan metode LSE (*Least Square Error*) Dengan nilai a dan c sebagai berikut :

Tabel 1. Nilai a dan c

No	Q_{terukur} (cm ³ /dt)	a	c
1	3000	-299.064	91.437
2	3500	-242.865	92.336
3	4000	-230.610	94.319
4	4500	-500.857	122.902
5	5000	-333.304	122.902
6	5500	-522.978	137.037
7	6000	-560.405	150.585

Semakin besar nilai Fr_1 maka semakin panjang loncat air yang terjadi.

4.2 Saran

Saran yang bisa diberikan dengan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut : Untuk penelitian selanjutnya dilakukan dengan sensor kedalaman muka air, sehingga penelitian lebih akurat. Penelitian lanjutan yaitu dengan memprediksi tempat terjadinya muka air dengan tegangan momentum.

DAFTAR PUSTAKA

- Chow, V. T. (1992). *Hidraulika Saluran Terbuka*. Erlangga. Jakarta.
- Triatmodjo, Bambang. (1993). *Hidrolika Jilid 1. Beta Offset*. Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang. (1993). *Hidrolika Jilid 2. Beta Offset*. Yogyakarta.
- H, Andar Jhonson dan N, Paulus. (2007). *Tinjauan Jarak Awal Loncat Air Akibat Perletakan End Sill Pada Pintu Geser Tegak*. Program Studi Teknik Sipil UKRIM. Yogyakarta.
- Sutyas, Ajidan S, Maraden. (2008). *Loncatan Air pada Saluran Miring Terbuka dengan Variasi Panjang Kolam Olakan*. Program Studi Teknik Sipil UKRIM. Yogyakarta.
- Marcal, Fernando. (2009). *Pengaruh Kemiringan Hulu Pelimpah Terhadap Panjang Loncatan Hidrolis dan Perubahan Koefisien Cd*. Program Studi Teknik Sipil Universitas Tribhuwana Tungadewi. Malang.

Nurjanah, Dita. (2014). *Analisis Tinggi dan Panjang Loncat Air pada Bangunan Ukur Berbentuk Setengah Lingkaran*. Program Studi Teknik Sipil Universitas Sriwijaya. Palembang.

Fatimah, Titian. (2018). *Analisis Tinggi dan Panjang Loncat Air pada Bangunan Ukur Berbentuk Segitiga*. Program Studi Teknik Sipil Universitas Mataram. Mataram.